



Explotación de una bomba atómica. La liberación de la enorme cantidad de energía que posee un átomo es uno de los mayores logros de este siglo y para conseguirla han sido necesarios infinitos de estudios y trabajos sólo posibles con la física del siglo XX.

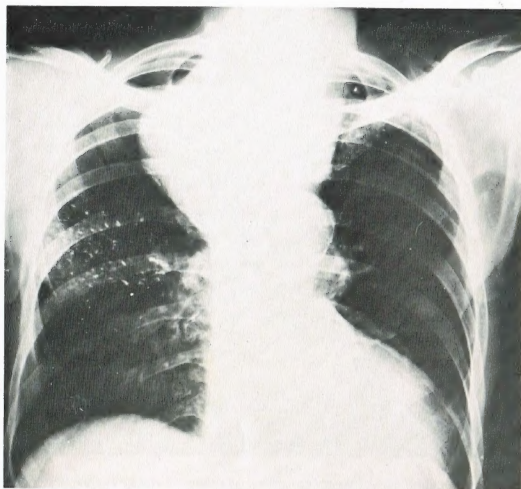
La ciencia contemporánea

por PEDRO LAÍN ENTRALGO

Reconstruyamos memorativamente la situación de la ciencia natural en los últimos años del siglo XIX. Tomada en su conjunto, dos grandes construcciones mentales la componen: la propuesta por los físicos, válida, en principio, para toda realidad material, y la elaborada por los biólogos, relativa no más que a la materia viviente.

A lo largo de la pasada centuria, la obra sucesiva de una serie de hombres geniales—Ampère, Faraday, Carnot, Maxwell, Helmholtz, Lord Kelvin, Clausius, Hertz, Boltzmann— parece haber llevado la concepción científica del cosmos a una suerte de satisfactorio acabamiento. Una rama de la física, la termodinámica, da razón científica de las transformaciones de la energía. Otra, la teoría atómico-molecular, explica mediante el

cálculo estadístico y la naciente química estructural la composición real y la dinámica interna de la materia. Maxwell y Hertz, por su parte, han edificado una teoría asombrosamente perfecta de la radiación electromagnética. A la luz de unos cuantos principios que parecen incuestionables —mecanicismo en cuanto al movimiento de la materia, determinismo en cuanto a la previsibilidad de los ulteriores estados del sistema que se estudia, continuismo en cuanto a las variaciones de la energía, tridimensionalidad e infinitud del espacio, indivisibilidad del átomo, mutua irreductibilidad de la materia y la energía, hipótesis del éter como medio transmisor de la energía radiante— bastará combinar satisfactoriamente la termodinámica, el electromagnetismo y la teoría atómico-molecu-



Radiografía del tórax. Con el descubrimiento de los rayos X por W. Röntgen, aplicado en seguida a la medicina, puede decirse que comienza la física del siglo XX.

lar para que la ciencia del cosmos sea un edificio casi concluso, una construcción sólo necesitada de pequeños detalles terminales.

Por su parte, la biología, con la sucesiva elaboración de la teoría celular —Schleiden, Schwann, Virchow— y con el fascinante desarrollo de la teoría de la evolución —Darwin, Huxley, Haeckel—, también parece haber encontrado un camino seguro y definitivo. Hay en él dificultades, cómo no; baste citar la nada leve que ofrece la conexión entre la gé-

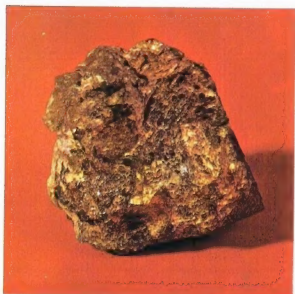
nesis evolutiva de las especies y la no heredabilidad de los caracteres adquiridos. Pero la confianza en la firmeza y en el porvenir de ese camino es muy grande en casi todos los espíritus. Más aún: algunas mentes osadas —Spencer con su evolucionismo universal; Haeckel y Ostwald con sus respectivos “monismos” cosmológicos; Pflüger y el propio Haeckel con sus personales conjeturas en torno al mecanismo de la biogénesis— empiezan a tender sugestivos puentes mentales entre la física y la biología; y, por otro lado, el hallazgo del *Pithecanthropus* de Java (E. Dubois, 1891) concede a muchos una primera y prometedora certidumbre acerca de la posibilidad de entender científicamente la especie humana en términos de pura y simple zoología evolutiva. Desde la nebulosa primitiva hasta el hombre, todo parece ser continuada racionalmente explicada.

Optimismo, pues; inmenso optimismo planetario en cuanto a las posibilidades de la ciencia en general y en cuanto al modo como por entonces, en la década de 1890 a 1900, es la ciencia entendida. Aplicado a la concepción científica del mundo, el verso famoso de Hernando de Acuña a Carlos V —“Ya se acerca, Señor, o ya es llegada...”— hubiera podido servir de consigna intelectual e histórica en todo el Occidente. Hasta en el saber matemático: con Henri Poincaré, afirma sin gran hipérbole un historiador, “llégase a la solución de todos los problemas a cuyo término Laplace, Gauss, Cauchy, Weierstrass y Hermite habían dejado un signo de interrogación”. Al lado de todo esto, ¿qué importancia podía darse al revelu que un brillante artículo de F. Brunetière, *La bancarrota de la ciencia* (1895), levantó en tantos círculos intelectuales de la época?

Pero, si no en cuanto a “la ciencia” en general, alguna razón en cuanto a “aquella ciencia” tenía el tal artículo. El saber científico del siglo XX no había de ser, en efecto, mera continuación perfecta del que había triunfado en el siglo XIX: una fecundísima crisis de principios iba a producirse en él hacia 1900. Vamos a contemplar a vista de pájaro lo que tal crisis fue y lo que sus consecuencias están siendo en las varias disciplinas que integran la total ciencia del cosmos.

I. Pequeñez frente a lo gigantesco, *minimem in maximis*, tal podría ser la divisa de este esfuerzo por reducir con alguna claridad y a muy breves párrafos la fabulosa aventura de “la física y la química” del siglo XX. Con todo, intentémoslo.

I. No contando el previo estudio experimental de la descarga eléctrica a través de gases enrarecidos, y consiguientemente el descubrimiento de los rayos canales o electropositivos (Goldstein) y los rayos catódicos o elec-



Un fragmento de uraninita procedente de Mendoza (Argentina) (Museo de Ciencias Naturales, Madrid). El fortuito hallazgo de la radiactividad por Becquerel contribuyó también a dar su fisonomía propia a la física del siglo XX.

tronegativos (Plücker, Hittorf), la física contemporánea comenzó formalmente en 1896 con el descubrimiento de los rayos X por W. Röntgen y con el azaroso hallazgo de la radiactividad por Becquerel (placas fotográficas envueltas en papel negro que se velaban cuando en el laboratorio había sales de uranio). Dos años más tarde, los esposos Curie, Pierre y Marie, lograban aislar de la pechblenda el radio y el polonio, y brindar con ello una firme base química a la naciente teoría de la radiactividad. Los rayos canales y la radiación alfa de los cuerpos radiactivos (Rutherford, Soddy) se hallan constituidos por partículas electropositivas dotadas de una masa relativamente grande; los rayos X, radiaciones electromagnéticas de muy pequeña longitud de onda, son idénticos a los rayos gamma que emiten las sustancias capaces de radiactividad; los rayos catódicos, a su vez (Thomson, Stoney y Millikan se encargaron de mostrarlo), son un flujo de partículas electronegativas, de "electrones", como ha propuesto llamarlos Stoney. ¿Será posible reducir a una doctrina unitaria todos estos hechos?

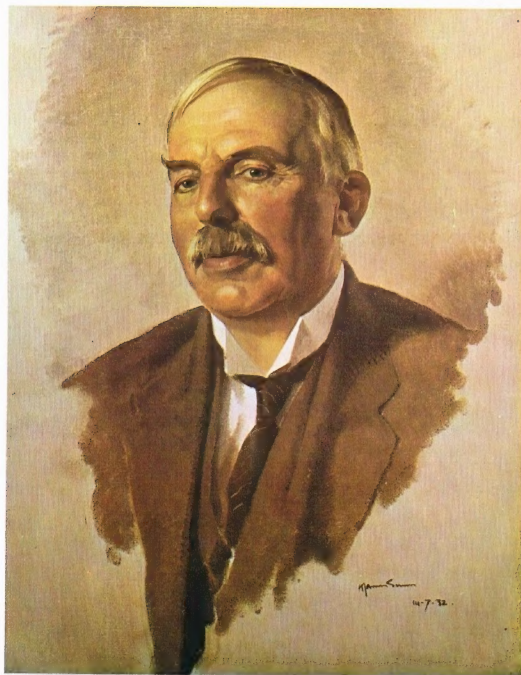
Desde el punto de vista de la teoría de la electricidad, tal fue el intento del físico holandés H. A. Lorentz, cuya concepción electrónica del electromagnetismo de Maxwell pareció recibir consagración definitiva cuando su compatriota Zeeman descubrió experimentalmente el "efecto" que lleva su nombre (acción del campo electromagnético sobre las rayas espectrales). Y desde el punto de vista de la teoría de la constitución de la materia, no otra fue la hazaña del inglés E. Rutherford. Éste, que con W. Ramsay y Fr. Soddy había visto que las partículas electropositivas de los rayos alfa pueden transformarse en átomos de helio, dio el golpe de gracia a la tradicional concepción eimológica del átomo (*á-tomo*, lo que no puede dividirse, lo inscable) y propuso considerar a éste como un minúsculo sistema solar, con un núcleo central electropositivo (*protón*) y una serie de electrones girando en órbitas elípticas a su alrededor. El peso atómico dependería ante todo del núcleo central. Cuando Moseley demostró la posibilidad de armonizar entre sí el modelo atómico de Rutherford, la distribución de las rayas en los espectros obtenidos mediante rayos X y el sistema periódico de Mendeleieff, ese modelo pareció haber triunfado en toda la línea. En la macrofísica, los grandes sistemas solares que integran las galaxias; en la microfísica, los minúsculos sistemas solares que son los átomos. Pero esta fascinante maravilla intelectual, ¿podía afrontar indenne el progreso de la física?

Por lo pronto, una grave dificultad. La emisión de energía electromagnética que luminosamente se manifiesta en las rayas es-

pectrales sería debida, según el modelo atómico de Rutherford, al paso de un electrón desde una órbita a otra de diámetro menor, paso que el propio Rutherford no podía concebir sino como una disminución continua de ese diámetro. Ahora bien, esto era inconciliable con las discontinuas regularidades matemáticas que Balmer había observado poco antes en las rayas del espectro del hi-

Caricatura de los esposos Curie, descubridores del radio y el polonio, con lo que proporcionaban una base química a la naciente teoría de la radiactividad.





E. Rutherford, por R. Cunn (National Portrait Gallery, Londres). Este físico inglés contribuyó poderosamente a la física atómica con su modelo de átomo, que facilitó la comprensión de la teoría atómica, aunque en la actualidad esté ampliamente rebasado.

drógeno. ¿Cómo resolver tan irritante dificultad? Tal había de ser el paso honroso del danés Niels Bohr. Pero el relato de lo que éste hizo merece párrafo aparte.

2. En los últimos días del año 1899 anunció modestamente Max Planck la tal vez más revolucionaria de todas las novedades de la física contemporánea: la quiebra del principio de la continuidad en la interpretación física de la naturaleza. *Natura facit saltus*, vino a decir, frente a Leibniz. Planck demostró, en efecto, que la distribución de la energía en la radiación del llamado “cuerpo negro” (ley de Wien, 1893) sólo puede explicarse admitiendo que esa energía es emitida en forma discontinua, por mínimos saltos cuantitativos o granos de acción (los *quanta*), cuya magnitud es posible calcular y medir. No es extraño que la nueva doctrina fuese recibida con recelo. Pero ya en 1905 pudo demostrar Alberto Einstein que las ideas de Planck per-

mitían una rápida y elegante explicación del llamado “efecto fotoeléctrico”: el hecho de que ciertas sustancias emitan electricidad cuando son heridas por un haz luminoso. El rayo de luz, afirmó Einstein, dando insospechable actualidad a la vieja teoría corpuscular de Newton, posee estructura granular, consiste en un chorro continuo de “fotones”. Siete años después, Niels Bohr enseñaba, a su vez, que una interpretación cuántica del átomo de Rutherford —carácter estacionario de las órbitas electrónicas y emisión de energía por salto de electrón de una órbita a otra— lograba resolver las dificultades ofrecidas por la antes mencionada “ley de Balmer” y la especial modificación de las rayas espectrales del hidrógeno cuando sobre ellas actúa un campo eléctrico (“efecto Stark”, 1913). La teoría de los *quanta* ha seguido triunfando con su explicación del “efecto Compton” (1923) o dispersión de las radiaciones al inferir sobre un electrón y desplazarle en el espacio, y sobre todo con la mecánica ondulatoria de Louis de Broglie, que puso en armonía la onda electromagnética de Maxwell y el fotón de Einstein y permitió predecir la difracción de los electrones (Davidson y Germer, 1927). ¿Qué es entonces una partícula: una masa minúscula dotada de propiedades eléctricas o la condensación, el “paquete” de un tren de ondas electromagnéticas? Las dos cosas a la vez, de tal manera que prevalecerá una u otra según las condiciones experimentales a que se la someta. Tal es la más sencilla formulación del famoso “principio de complementariedad”, de Bohr, por él elevado a ley general del universo. Algo más tarde, Werner Heisenberg llevará a sus últimas consecuencias la discontinuidad cuántica y elaborará los conceptos físicos de “longitud mínima” y “duración mínima”.

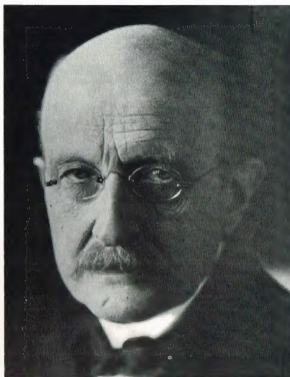
3. Pero la más fundamental y resonante de las novedades de la física del siglo XX ha sido la “teoría de la relatividad” de Alberto Einstein, por obra de la cual habían de hundirse nociones al parecer tan básicas e indiscutibles como la concepción tridimensional del espacio y la tesis de su infinitud, el principio de la mutua irreducibilidad de la materia y la energía y la hipótesis del éter.

Punto de partida de esa teoría fue el sorprendente resultado de los experimentos de Michelson y Morley (1881-1904). Si los principios de la física clásica fuesen ciertos, la luz debería ser percibida con velocidad distinta según el movimiento del observador, y como éste se mueve inexorablemente con la Tierra, la velocidad de la luz habría de hacerse mayor cuando el movimiento del globo terrestre “nos acerca” al foco luminoso. Pues bien: los repetidos y cuidadosísimos experimentos de Michelson y Morley hicieron ver que en

la realidad no ocurre lo que tan confiadamente se había previsto. ¿Qué pensar, pues? Radicalmente atendido a los hechos, Einstein (1905) vino a sostener: que la velocidad de la luz es constante en todas las direcciones, aunque nos movamos respecto de ella con un movimiento rectilíneo y uniforme; que los resultados de Michelson y Morley sólo pueden ser explicados admitiendo que para el observador físico no hay un espacio y un tiempo absolutos, porque cada observador lleva consigo su espacio y su tiempo propios; que la hipótesis del éter es insostenible y ociosa; que la masa de un cuerpo crece con su velocidad, en otras palabras, que la materia y la energía son interconvertibles: ésta se halla dotada de peso y aquélla puede transformarse en energía. Toda una serie de hechos vino a confirmar tan desconcertantes asertos: el incremento de la masa del electrón cuando en el interior del átomo aumenta su velocidad (Sommerfeld y Paschen), la explicación de la génesis de la radiación solar, concibiéndola como una conversión de masa en energía (J. Perrin), etc.

Máximo, al parecer, hacia 1940, el prestigio de la teoría de la relatividad habría de conocer su cumbre cuando en 1945 el apocalíptico estallido de las bombas atómicas de Hiroshima y Nagasaki puso fin a la segunda Guerra Mundial y abrió la que luego se ha llamado "era atómica" de la Historia. Una cadena de cálculos, observaciones experimentales y hechos bélico-políticos, de la cual son eslabones los conocidos nombres de Otto Hahn, F. Strassmann, Lisa Meitner, Bohr, Einstein, Oppenheimer y Fermi, permitió obtener la llamada "fisión del átomo", gobernar técnicamente la conversión de la materia en energía y poner en manos de Truman, que era presidente entonces de los Estados Unidos, el terrible instrumento bélico pronto denominado "bomba atómica". Ésta ha sido luego llevada a tales extremos —bomba de hidrógeno, bombas termo-nucleares— que hacen temblar de espanto a la Humanidad. Pero a partir de 1945-1950, los hombres, situados entre ese terror pánico y la esperanza de que tales artefactos no sean jamás empleados para la destrucción, han comenzado a utilizar con fines pacíficos la "energía atómica" que a comienzos de siglo hizo previsible el poderoso genio de Alberto Einstein.

Debe añadirse que, a partir de 1915, Einstein sustituyó su primitiva "teoría restringida de la relatividad", así llamada porque se limitaba a la consideración del movimiento rectilíneo y uniforme, por una "teoría generalizada", en la cual era tenido en cuenta cualquier género de movimiento: el acelerado, el rotatorio, etc. Mediante ella, pasmó a todos negando a la gravitación su presunta



Max Planck, el físico que estableció la teoría de los "cuantos", según la cual la energía se emite en forma discontinua.

condición de fuerza y afirmando, contra la tradición newtoniana, la finitud física del cosmos: la gravitación no es una fuerza, sino una propiedad del espacio cósmico, y el universo, un continuo espacio-temporal curvo, finito y tetradimensional; la tridimensionalidad del cosmos, el carácter euclidiano del mundo visible, sería tan sólo una apariencia y no una verdadera realidad. La desviación de los rayos de luz bajo el campo gravitatorio del sol (Eddington) vino a ser una espectacular demostración experimental de estas ideas.

Mausoleo que recuerda la explosión de la primera bomba atómica en Hiroshima (Japón) en 1945. La teoría de la relatividad condujo a la creación de la bomba atómica gracias a la conversión de la materia en energía. Con ello, Estados Unidos tuvo en sus manos una arma que permitió la rápida terminación de la segunda Guerra Mundial.



LA MATEMÁTICA DEL SIGLO XX

El desarrollo de la matemática se parece poco al de las demás ciencias: no consiste, como pudiera pensarse, en una progresiva acumulación de conocimientos, en un proceso de acreción sucesiva de teoremas, corolarios y escolios. Esta concepción de la matemática pudo tener vigencia hasta mediados del siglo XIX, pero no es la del XX. La matemática se desarrolla, en gran parte, por un perpetuo proceso de reorganización de lo adquirido: partiendo de una idea, se deducen cierto número de resultados en función de un lenguaje determinado; por ejemplo, la introducción del lenguaje de las coordenadas creado por Descartes dio lugar a la geometría analítica de siglos sucesivos; cuando estos resultados alcanzan un volumen excesivo, tiene lugar un fenómeno de asentamiento, de reflexión, de síntesis, que termina por dar lugar a otro lenguaje, más complicado o más penetrante que el anterior y capaz de expresar estos nuevos resultados con una mayor economía de espacio y de pensamiento: cuando se llegó a cierta fricción en el campo de la geometría analítica, la síntesis magistral llevada a cabo por Klein y los creadores del álgebra lineal permitieron englobar todos los dispersos teoremas anteriores en una teoría mucho más corta y elegante. La matemática recuerda a una serpiente que se muerde la cola: IDEA → RESULTADOS → REFLEXIÓN sobre estos resultados → NUEVO LENGUAJE → REFORMULACIÓN de los resultados → NUEVA IDEA.

El siglo XX ha visto crecer un nuevo y poderosísimo lenguaje, cuya explotación y desarrollo ha llenado hasta ahora más de tres cuartos de siglo: el lenguaje conjuntista. En los últimos años, el lenguaje del álgebra homológica parece destinado a mejorar y ampliar el lenguaje conjuntista.

Los conjuntos, creación magistral de un genio extraordinario y original, el matemático Georg Cantor, parecen llevar el escándalo consigo: su presentación en los medios científicos levantó una polvareda nunca vista —la crisis de los fundamentos del 1900— y su inclusión en la lista escolar la ha revivido de nuevo (por causas sociológicas que ya no tienen nada que ver con la ciencia). Cuando Cantor desarrolló exhaustivamente sus ideas conjuntistas, lo cual le llevó a crear entes tan extraños en apariencia como los números transfinitos, aparecieron en seguida las famosas antinomias, y los ciementos de la matemática, la ciencia inmutable por excelencia, se pusieron a temblar. Una antinomia es una cuestión abierta para la que cualquier respuesta, afirmativa o negativa, lleva a una contradicción. Cantor, y sobre todo Bertrand Russell, hallaron prontamente antinomias en el campo de los conjuntos y durante varios años —1902 a 1908— una profunda crisis se abatió sobre las matemáticas. Pero el primero en hallar una antinomia fue también el primero en resol-

verla, y en 1908 Russell halló una explicación coherente —la teoría de los tipos—; independientemente, otras soluciones fueron halladas por Zermelo y Brouwer. La intuitiva teoría cantoriana fue abandonada y se pasó a formular una teoría axiomática y rigurosa.

Paralelamente a estos hechos, el mundo matemático, a raíz de la aparición del axioma de elección, se dividió en dos bandos irreconciliables: los formalistas de Hilbert —para los que las matemáticas eran poco más que un juego de símbolos— y los intuicionistas de Brouwer y Weyl. Para ellos sólo pertenecen a las matemáticas aquellas proposiciones relacionadas con objetos definidos constructivamente, es decir, indicando de modo explícito el modo de construirlos. El intuicionismo —actitud totalmente legítima desde el punto de vista científico— reduce las matemáticas a unos límites muy estrechos, dado lo restrictivo de sus exigencias; por ello cuenta con muy pocos cultivadores.

Todo lo dicho subraya el importante papel de la lógica moderna en la matemática del siglo XX: originada en trabajos del siglo XIX —Boole, Morgan, Frege—, la lógica culmina en el siglo XX con la obra, entre otros, del austriaco Kurt Gödel, quien nos ha mostrado las limitaciones de la hasta entonces (1931) omnipotente matemática, revolucionando nuestras ideas sobre la inteligencia humana; por primera vez se nos ha dicho aquí que la mente del hombre no será capaz de hacer. En lenguaje vulgar y aproximado, lo que Gödel ha probado es que siempre habrá teoremas que no podrán demostrarse: más rigurosamente: en todo sistema de razonamientos que comprendan la aritmética elemental, siempre pueden hallarse proposiciones indecidibles —es decir, imposibles de probar o de revocar— en función de las leyes de raciocinio del sistema. La posición formalista a ultranza queda, pues, en entredicho. Posteriormente, el propio Gödel (1940) y el joven americano Paul Cohen (1964) han probado la independencia de la hipótesis del continuo respecto a las demás axiomas de la teoría de conjuntos. La hipótesis del continuo, considerada por Hilbert en 1900 como el problema más importante de las matemáticas, consiste en responder a la pregunta: ¿Existe algún conjunto que tenga más elementos que el conjunto de los números naturales, pero menos elementos que el de los números reales? La respuesta definitiva (y sorprendente) es: "Imposible contestar a eso, piensa lo que más le plazca, porque nunca llegará a una contradicción".

La matemática del siglo XX empieza paradójicamente en el XIX con la obra de algebraistas de la talla de Dedekind y de Kronecker, de analistas como Lie, de geométricos como E. Cartan y de espíritus universales como Cantor, Klein o Poincaré.

En el siglo XX, la influencia de la física en el campo matemático ha sido creciente y determinante; para citar sólo algunos casos, el cálculo de Heaviside en electricidad o la extraña "función anormal" de Dirac han llevado a la creación del potente cálculo de distribuciones; el interés por las geometrías de Riemann despertado por la teoría de la relatividad ha determinado concluyentes estudios de geometría diferencial. La oración pudo volverse por pasiva y podríamos hablar largo y tendido acerca del papel que la matemática ha ejercido en el desarrollo de la visión física del mundo; bastaría citar los casos de Murray Gell-Mann, premio Nobel por la aplicación de la teoría de grupos continuos al estudio de partículas elementales, o de Lee y Yang, premios Nobel por el tratado eminentemente matemático dado a la ley de conservación de la paridad.

La matemática es hoy una rama de desarrollo exponencial, con un número cada vez mayor de cultivadores. A ello contribuyen, sin duda, el progresivo aumento de campos de aplicación de técnicas matemáticas, sobre todo en física y economía, ordenadores y cibernética. El número de congresos es cada vez mayor y en los revistas alcanza ya un nivel inflacionario; es imposible leerlo todo, y los resúmenes de la *Mathematical Review* pasan de mil páginas.

Los matemáticos jóvenes parecen ser quienes dominan hoy sobre los veteranos, al contrario que en épocas anteriores. Sólo hay que repasar la lista de las últimas medallas Fields —el premio Nobel para jóvenes matemáticos— para encontrarnos con los nombres de Serre, Thom, Roth, Grothendieck, Smale, Schwartz, Atiyah, Cohen..., todos ellos en la línea de vanguardia y lejos aún de los cuarenta años.

Por último, se impone un repaso formal a todas las ramas y a su momento actual, haciendo especial hincapié en señalar la progresiva algebraización y axiomatización de las matemáticas actuales. En este aspecto hay que señalar la ingente obra del matemático fantasma Nicolás Bourbaki, seudónimo tras el que se esconden algunos de los mejores matemáticos franceses —más tarde, de otras nacionalidades— y que se ha señalado como objetivo redactar todas las matemáticas desde sus inicios de un modo moderno y general.

En el dominio del álgebra, disciplina que se "come" progresivamente a las demás, hay que citar el desarrollo gigantesco de la teoría de grupos y del álgebra lineal, las álgebras de Lie, el álgebra conmutativa y, sobre todo, la irrupción espectacular en los años 50 del álgebra homológica —H. Cartan, McLane y Eilenberg— cuyo desarrollo futuro parece impredecible. Entre los algebraistas más notables, aun a riesgo de olvidarse de muchos, hay que citar a Cantor —álgebra de los infinitos—, Hilbert, la señora Noether, Wedderburn,

Banach, Artin, Krull, Stone, Van der Waerden, Dieudonné, Léray, Chevalley, Jacobson, Birkhoff, Serre, Grothendieck...

A caballo entre el álgebra y el análisis, aunque más bien dentro de este último, podemos ubicar la teoría de números, a la que han hecho contribuciones fundamentales Hadamard, Hardy, Ramanujan, Vinogradov, Sierpinski, Linnik, Roth, Sarre, etc.

En el campo del análisis mencionemos a Arnold—problemas ergódicos—, Baire, Frechet y Stone—análisis funcional—, Lebesgue y Denjoy—integrales—, Hilbert, Banach y Féjer—espacios funcionales—, Mandelbrojt y Cohen—análisis armónico—, Borel, Caratheodory y Haar—teoría de la medida—, Egorov y Volterra—ecuaciones diferenciales e integrales—, H. Cartan y Picard—funciones analíticas—, Schwartz y Guelfand—teoría de distribuciones—, etc.

La disciplina que ha crecido con mayor frondosidad en este siglo ha sido la topología, gracias sobre todo a la labor de Cantor en el campo de los conjuntos de puntos y a los sorprendentes teoremas de Poincaré en análisis funcional. Desde entonces se han seguido los descubrimientos por obra de Hausdorff, Alexandroff, Eilenberg, Whitney, Pontrjagin, Brouwer,

Kuratowsky, H. Cartan, Steenrod, Hurewicz, Smale, Thom, etc. Del campo de la topología irradian resultados utilizables desde la economía—grafos, espacios convexos— a la física atómica—grupos continuos—; es seguramente el subreino de las matemáticas al que se dedica más gente.

La geometría, antes disciplina autónoma, se ha visto absorbida en gran parte por el álgebra y la topología. No obstante, aún existen dominios geométricos con cierta independencia, como el de los espacios fibrados y las variedades diferenciales.

Es curioso que la reina de las matemáticas, la geometría, ha ido desapareciendo del mapa: Klein, con su "programa de Erlangen", liquidó totalmente el interés por las geometrías dependientes de un grupo clásico—entre ellas, la euclídea y la proyectiva—; después se ha verificado un lento proceso de algebrización de la geometría, que ha culminado en la situación actual: se estudia geometría, desde luego, pero ya no se parece en nada a la geometría.

Quizá la proeza más conocida de la matemática aplicada haya sido la irrupción de las computadoras, debida en gran parte a Norbert Wiener, Von Neumann y Ai-

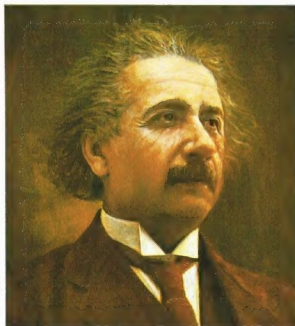
ken; pero las computadoras entran en el marco de una ciencia mucho más general creada por Wiener y Rosenbluth: la cibernética, popularmente conocida como la ciencia de los robots. A esta ciencia, Von Neumann—máquinas autorreproductoras—, Ashby—máquinas homeostáticas— y Grey Walter—máquinas con reflejos— han hecho aportaciones considerables. Es un campo de investigaciones totalmente abierto. Muy relacionada con la cibernética se encuentra la teoría de la información, de Shannon y Weaver.

En el terreno de la economía, de las ciencias sociales o de la biología, también las matemáticas han aportado métodos revolucionarios; para no alargarnos en el tema citaremos sólo el cálculo operacional con todo su bagaje de grafos, caminos mínimos, colas y otras extrañas creaciones; la teoría de juegos de Morgenstern y Von Neumann; la programación lineal y, desde luego, el papel fundamental desempeñado por la teoría de probabilidades y la estadística—Kolmogoroff, Jinchin, Von Mises, Tucker, etc.—, con la consiguiente aparición de las técnicas biométricas, la teoría de la decisión o el análisis multifactorial.

J. N.

4. Poco antes de que pudiera iniciarse la marcha hacia la fisión del átomo, toda una pléyade de jóvenes físicos—Heisenberg, Schrödinger, De Broglie, Fermi, Dirac—demostró teóricamente la "ingenuidad", si vale decirlo así, del genial modelo atómico de Bohr, e inició una nueva etapa de las disciplinas hoy llamadas "mecánica cuántica" y "física atómica" o "física nuclear". En 1927, Heisenberg demostró que resulta imposible determinar a la vez la posición y la velocidad de un electrón—mejor dicho, su posición y su cantidad de movimiento—, porque la radiación con que se le "ilumina" para realizar la oportuna medida modifica a la vez una y otra; tal es el célebre "principio de indeterminación" o "de incertidumbre". El físico, en suma, no puede decir "tal electrón está aquí", sino "la zona del átomo en que con mayor probabilidad puede encontrarse tal electrón es ésta". Como las ondas de la mecánica ondulatoria se convierten así en ondas de probabilidad, es teóricamente imposible reducir la estructura de un átomo a figura dibujable y el modelo atómico de Bohr-Sommerfeld—un minúsculo sistema solar cuantificado y relativizado—pierde su brillante validez inicial. La mecánica estadística de Bose-Einstein y de Fermi-Dirac es el instrumento matemático de que se vale la ac-

tual física nuclear. Al mismo tiempo que ha ido creciendo de manera sorprendente el número de las "partículas elementales" típicas—protones, electrones, positrones, neutrones, mesones de diversas especies, neutrinos, partículas Quark...—, hasta hacer pensar a algunos que la serie puede ser indefinida, se ha planteado con especial rigor el problema físico-filosófico de la partícula elemental (Hei-



Alberto Einstein, creador de la célebre "teoría de la relatividad", la más resonante de las novedades físicas de nuestro siglo.

Sala de máquinas del buque norteamericano "Savannah", movido por energía atómica. Aunque la fuerza del átomo se empleó primero para fines bélicos, se ha aplicado también a usos pacíficos, y la navegación ha sido la primera en beneficiarse de ello.



Central para la producción de electricidad mediante la energía eléctrica (Gales, Gran Bretaña). Otra de las realizaciones prácticas que emplean la fuerza del átomo es la de originar electricidad gracias al calor desarrollado por la reacción atómica y recogido en el líquido refrigerante.



senberg) y ha surgido, para complicar todavía más el cuadro, el singular concepto de la "antimateria", materia compuesta por antipartículas (antiprotón, antineutrón, etc.) o partículas elementales de carga opuesta a las anteriormente nombradas. Digase si toda esta proliferante maravilla de saber y poder hubiese sido imaginable para la mente de un físico durante la década 1890-1900.

5. Parecían ser cinco los rasgos fundamentales de la química hacia 1900: una organización definitiva de la química del carbono (Kekulé, Von Baeyer, etc.), la rápida

progresión de la síntesis de las más diversas sustancias naturales (Berthelot, Von Hoffmann, Von Baeyer, E. Fischer, R. Willstätter) y la obtención sintética de sustancias inexistentes en la naturaleza (P. Ehrlich y tantos más), la constitución de una química física o teoría científica y cuantitativa de la reacción química (Guldberg y Waage, Gibbs, Raoult, Van t'Hoff, Arrhenius, Ostwald, Nernst), la ordenación de la química inorgánica mediante el sistema periódico de los elementos (Meyer y Mendeleiev) y el nacimiento de la química coloidal (Th. Graham, Zsigmondy, Ostwald).

Los cinco han continuado desarrollándose con eficacia y brillantez enormes a lo largo del siglo XX; pero no se obtendría una imagen completa de la química actual sin añadir a esa serie otros no menos vigorosos campos de investigación: la química de los polímeros y las macromoléculas (Staudinger, Carothers, etc.), cuyos resultados técnicos —plásticos sintéticos— han invadido en pocos años toda la superficie del planeta; la teoría de las acciones catalíticas (Willstätter, Harden, Von Euler, O. Warburg, etc.) y ciertas aplicaciones industriales de la catálisis (amoníaco sintético, Fr. Haber, C. Bosch y A. Mitsch; hidrocarburos y ácidos grasos sintéticos, Fr. Fischer y H. Tropsch; hidrogenación catalítica del carbono, Fr. Bergius; varias más); la química de los isótopos, elaborada a partir de Soddy y Aston (isótopo: elemento

PERÍODO	GRUPO																GASES NERTOS	
	IA																He	
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

situado en un mismo lugar del sistema periódico) y la sucesiva obtención artificial de elementos nuevos (transuránicos, neptunio, americio, curcio, tecnecio, prometeio, astatino, francio...); la absorción de la química física por la física atómica y la constitución de una "química nuclear"; el rápido crecimiento de una "química molecular" (Raman, Biltz, Kurnakof). Hoy la química, en suma, ha llegado a cumplir con creces el ambicioso programa que hace dos siglos le asignaba Diderot en la *Enciclopedia*: *ser imitatrix et rivalde de la Nature*.

II. Tres principales escollos parecían oponerse hacia 1895-1900 al progreso del fuerte e ilusionado "saber biológico" de la época: el neovitalismo de Hans Driesch, las objeciones al evolucionismo darwiniano y las dudas acerca del carácter elemental de la célula en la biosfera.

En un famoso experimento, Driesch (1894) demostró que seccionando por su ecuador un huevo de erizo de mar y cultivando las dos mitades resultantes, cada una de ellas daba lugar a un erizo de mar completo, aunque más pequeño que el engendrado por el huevo entero. Sobre esta base, el propio autor elaboró una biología "neovitalista", que, si no resucitaba la "fuerza vital" del vitalismo del siglo XVIII, se aproximaba algo a ello. Ante la general y progresiva tendencia a la investigación y la explicación físico-quí-

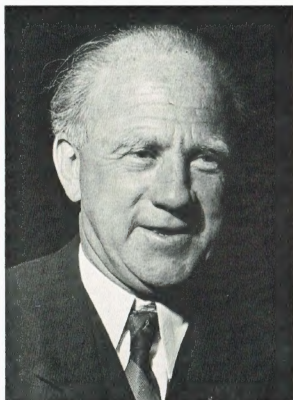
micas de los fenómenos biológicos, la "entelequia" de Driesch venía a ser una suerte de retroceso hacia las viejas y ya olvidadas "causas ocultas" de Galeno o un regreso a los "arques" de Paracelso y Van Helmont.

Por otra parte, las objeciones contra la doctrina evolucionista. La inmutable perennidad del "plasma germinal" (L. Weissmann) a través de las generaciones parecía excluir cualquier modificación hereditaria de las especies. "Una gallina -dirá ingeniosamente S. Butler- no es otra cosa que un expediente imaginado por un huevo para que sea puesto otro huevo." Nadie, ni siquiera los paleontólogos, ha logrado demostrar la génesis de una especie nueva a partir de una especie anterior, dicen otros. La investigación embriológica, afirmó L. Vialleton, no permite aceptar que, como sostiene la llamada "ley biogenética fundamental" de Fritz Müller y Haeckel, la ontogenia sea una fiel recapitulación de la filogenia. La embriología no da la razón a Darwin, sino a Von Baer, proclamará Jakob von Uexküll.

Y en tercer lugar, las dudas acerca de si la célula es en verdad, morfológica y funcionalmente, el "elemento primero e irreducible" de la vida. En lugar de la célula, cuya génesis se hallaría inexorablemente regida por el *omnis cellula e cellula*, más allá de la célula misma, ¿no serán las "partículas elementales" de Brücke, los "plastidios" de Elsborg

Tabla periódica de los elementos basada en el sistema de Mendeleiev, ampliada por la química actual con los isótopos y los elementos transuránicos.

Werner Heisenberg, que sentó el principio de "indeterminación" o "incertidumbre", según el cual es imposible determinar a la vez la posición y la velocidad de un electrón.



y Haeckel, los "pangenes" de Hugo de Vries, los "bióforos" y los "determinantes" de Weismann o los "gránulos" de Altmann los verdaderos "elementos biológicos"?

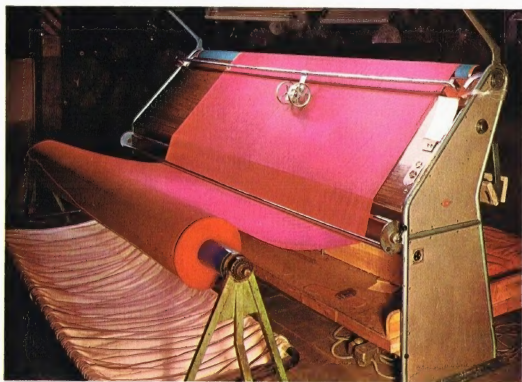
A través de tres apartados, respectivamente consagrados a la célula, a la genética y a la evolución, estudiaremos de manera concisa la respuesta que la investigación biológica del siglo XX ha ido dando a esas tres dificultades.

1. Una célula, escribía en 1861 Max Schul-

ze, pensando que algunas, como las de los mixomicetos, carecen de membrana, "es un grumito de protoplasma en cuyo seno hay un núcleo". El protoplasma o citoplasma (Strasburger) sería una masa homogénea, viscosa y transparente, con vacuolas y gránulos en su interior. El núcleo, a su vez, consistiría en un corpúsculo vesicular, integrado por una membrana limitante y varios nucléolos en suspensión (Kölliker). Pero ya la propia microscopía óptica —luego, ampliando fabulosamente los resultados de ésta, la microscopía electrónica— iba pronto a deshacer tan simplistas imágenes.

Al filo de los siglos XIX y XX, y por lo que atañe al citoplasma, pugnaban entre sí varias doctrinas, entre empíricas y especulativas, acerca de su estructura: la teoría "reticular" de Frommann, Heizmann y Carnoy; la "filar" de Flemming; la "granular" de Altmann, y la "alveolar" o "espumosa" —una suerte de panal semisólido o hialoplasma continente de un líquido intravesicular o enquilema— de Bütschli. Pocos años más tarde (1898-1909), Golgi descubría el "aparato" que desde entonces lleva su nombre. Pero la investigación ulterior haría más y más complejo el panorama interno del citoplasma. He aquí una somera enumeración de sus más importantes elementos morfológicos y funcionales: a) El "retículo endoplasmático", estructura membranosa formada por gran número de saquitos que se comunican entre sí mediante conductos aplastados, dispuestos en alargadas e irregulares espirales. Se halla especialmente desarrollado en las células glandulares y en las musculares. b) El ya men-

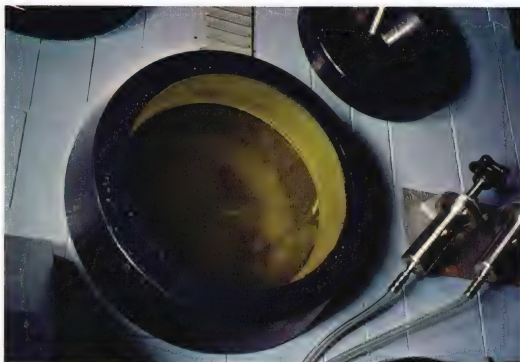
Dos importantes aplicaciones de los plásticos sintéticos (fibras textiles y tuberías), industria surgida del estudio de la química de los polímeros y las macromoléculas.



cionado "aparato de Golgi", con un probable papel terminal en la biogénesis de las proteínas y los enzimas. *c)* Las "mitocondrias", de complicada estructura micromembranosa y función bioenergética. *d)* Los "lisosomas", de función digestiva y embriogénica. *e)* Los "centriolos", unos elementos constitutivos del centrosoma, activos en la reproducción celular. *f)* Los "ribosomas", esenciales para la biosíntesis del material proteico. *g)* Los "microtúbulos", acaso relacionados con el movimiento celular y el flujo intracitoplasmático. Todas estas microformaciones intracelulares reciben el nombre genérico de "organitos" u "organelas", y con su mención hemos pasado de la citología clásica a la actual "biología molecular".

Designase con este último nombre una muy reciente rama de la biología, a la cual han dado nacimiento tres caminos metódicos: la microscopía electrónica, que en la actualidad permite la visión y la fotografía de realidades materiales de magnitud macromolecular (5-10 unidades Årmströmg), la investigación biofísica y bioquímica de la materia viva y la imaginación de modelos estructurales o construcción de imágenes acerca de la estructura de esa materia, en las cuales es gráficamente representada la posición espacial de las moléculas y los átomos. Merced a estos tres instrumentos, el biólogo molecular ha logrado en los tres últimos decenios un rico y fecundo cuerpo de doctrina, cuyo centro son, naturalmente, la morfología y la fisiología de la célula. La investigación biomolecular de la estructura y la función de la membrana celular y de las formaciones intracitoplásmicas ha dado lugar a muy brillantes resultados. Pero el más espectacular y famoso de ellos no se refiere a la membrana ni al citoplasma, sino al núcleo; es la hoy casi popular doble hélice de Watson y Crick.

En el último cuarto del siglo XIX, Flemming distinguió en la estructura del núcleo la "cromatina" o armazón filamentosos y la "acromatina" o jugo celular. Poco más tarde, F. Schwarz dio el nombre de "linina" a la porción de la trama nuclear menos coloreable por las anilinas, y la obra conjunta de una serie de investigadores—Schneider, Flemming, Bütschli, O. Hertwig, Strasburger, Van Beneden, Boveri— permitió conocer con relativa precisión el papel de la cromatina y de las horquillas cromáticas por ella formadas, a las que Waldeyer dio el nombre de "cromosomas", tanto en el proceso de la división celular como en la fecundación del óvulo por el espermatozoide y en la transmisión de los caracteres hereditarios específicos e individuales. Pues bien, la reciente biología molecular ha mostrado que los cromosomas —y, por tanto, las unidades hereditarias o gené-



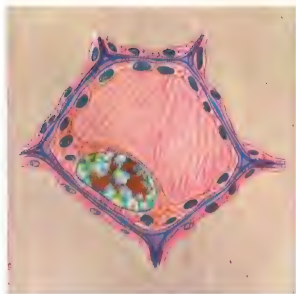
Detalle de una celda en un laboratorio analítico radiactivo, en que se preparan radionucleótidos.

ticas que los integran, los "genes"— son especialmente ricos en ácido desoxirribonucleico (DNA); y un trabajo ya clásico de Watson y Crick (1953) convenció rápidamente a todos de que este ácido, cuya molécula se halla compuesta por azúcares de cadena quinaria (ribosas), ácido fosfórico y bases purínicas y pirimidínicas, posee en el cuerpo filamentosos del cromosoma una estructura doblemente helicoidal. Sería impropio de este lugar exponer con mínimo detalle cómo el DNA se junta en el hilo cromosomático con

Manejo de isótopos radiactivos por control a distancia en una estación inglesa de energía nuclear.



Células animal y vegetal, respectivamente. El siglo XX ha profundizado en gran medida el conocimiento que se tenía de la célula como "elemento primero e irreductible" de la vida.



Interior de un ciclotrón del Lawrence Radiation Laboratory (Universidad de California). El ciclotrón es un instrumento que permite comunicar elevadas energías a partículas atómicas cargadas por la acción de un campo eléctrico combinado con otro magnético. Permite estudiar la física nuclear y la física de las partículas elementales.

las varias especies de proteínas que éste puede contener y cuál es su relación bioquímica y biofuncional con el RNA (ácido ribonucleico). Pero si parece inexcusable consignar que la doble hélice del DNA es con toda probabilidad la más importante base estructural de la vida orgánica. Presente siempre en las células, desde aquellas en que la sustancia nuclear no se halla configurada como tal núcleo (células procarióticas) hasta las tan diversas que forman el organismo de los animales superiores, posee una función decisiva en dos fenómenos biológicos que son fundamenta-

les: la transmisión de los caracteres hereditarios (en el DNA se halla química y estructuralmente realizado el llamado "código genético") y la biosíntesis de las sustancias en que la materia viva alcanza su más alto nivel estructural y funcional (las proteínas).

No sólo en las células existe y actúa el DNA; también en ciertos organismos subcelulares, llamados "virus" y "fagos" (fagos o bacteriófagos: los virus parásitos de las bacterias), tan importantes hoy por la gran cantidad de enfermedades que producen (gripe, poliomielitis, hepatitis, etc.), por su frecuen-



te empleo en los laboratorios para el estudio molecular de la herencia y la biosíntesis y por el grave problema teórico que con su mera existencia plantean; porque los virus, que por un lado se nos muestran como organismos "vivos", en cuanto que se reproducen engendrando otros virus semejantes a ellos, parece que sólo pueden "vivir" simbiótica o agresivamente asociados a la dinámica vital de una verdadera célula. Científica e inequívocamente planteado, he aquí, pues, uno de los más constantes y apasionantes problemas del mundo moderno: la relación de transición o de contraste entre la "materia viva" y la "materia inerte". Dos libros muy leídos durante los últimos años, *What is life?*, del físico Schrödinger, e *Introduction to a Submolecular Biology*, del biólogo Szent-Györgyi, son elocuente testimonio del suceso. Pero, cualquiera que sea nuestra interpretación concreta de ella, la idea de que la vida orgánica no es otra cosa que la peculiar expresión dinámica de un determinado nivel en la creciente complicación estructural de la materia cósmica, parece haberse impuesto entre todos los hombres de ciencia de nuestro tiempo.

2. Los dos últimos párrafos aluden muy concretamente a otro de los más cultivados y fecundos campos de la biología del siglo XX: la *genética*. Tratemos de discernir sus rasgos fundamentales.

En torno a 1860, el fraile agustino Gregor Mendel comenzó a estudiar en el jardín de su convento lo que pasa en la descendencia cuando se cruzan entre sí dos variedades de la especie "guisante" claramente distintas, una de semilla lisa y otra de semilla rugosa. La primera generación obtenida se hallaba formada sólo por guisantes de superficie lisa; pero, cruzados éstos, dieron lugar a una generación nueva, curiosamente formada por un 75 % de guisantes lisos y un 25 % de guisantes rugosos. Consecuencia: "algo" en cada guisante determina la aparición de su correspondiente variedad, y la transmisión hereditaria de ese "algo" obedece a una regularidad matemática. Mendel amplió el conocimiento así obtenido estudiando, por un lado, el comportamiento de las generaciones sucesivas cuando sus individuos se cruzan unos con otros en diversas formas, y observando más tarde las regularidades matemáticas en la transmisión de los caracteres hereditarios cuando tales caracteres eran dos, en lugar de uno. Con ello había nacido la genética moderna. Mendel publicó sus resultados entre 1865 y 1869; pero la revista en que aparecieron era prácticamente desconocida, y sólo su "descubrimiento" en 1900 por tres biólogos de nota —Correns, Tschermak y Hugo de Vries— les dio tardía vigencia universal.

La ulterior evolución de la genética que



Microscopio electrónico, instrumento que en la actualidad permite ver y fotografiar realidades materiales de magnitud macromolecular.

hoy podemos llamar "clásica" se halla determinada por tres órdenes de hechos: el desarrollo sistemático de la doctrina mendeliana mediante el estudio de sus leyes en una especie zoológica que se reproduce con enorme rapidez, la mosca *Drosophila melanogaster* (trabajos de Th. H. Morgan y su escuela), la observación de "mutaciones" o variaciones bruscas y hereditarias en la progenie de determinadas especies (hallazgos de Hugo de Vries en la planta *Oenothera lamarckiana*) y la identificación del cromosoma, cuyo número dentro del núcleo varía con las especies y es constante en cada una de ellas, como la formación intracelular —el "algo" de que se habló en el párrafo anterior— que transmite de padres a hijos los caracteres hereditarios (Weismann, Van Beneden, Sutton, Boveri). A la muerte de Morgan (1945), el cultivo y la mutua conexión de estas tres líneas de la



Cosmotrón del Brookhaven National Laboratory de Upton (Estados Unidos), también dedicado al estudio de las partículas.

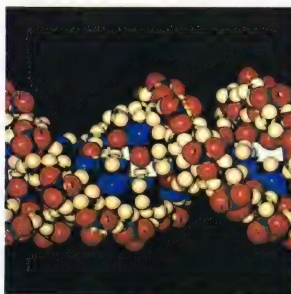
investigación genética parecían haber dado a ésta una suerte de satisfactoria y armoniosa redondez; pero el rápido avance de la biología molecular ha permitido luego la fascinante elaboración de una "genética molecular", en la cual, además de muy considerable ampliación, la "genética clásica" ha encontrado su fundamento biofísico y bioquímico. La demostración de que el DNA es la base material de la información genética (Avery y colaboradores, 1944) fue el punto de partida de la nueva época.

El concepto clave de esta novísima genética molecular es el de "código genético". Entendiendo por "código" la clave o conjunto de reglas que permiten descifrar un determi-

nado mensaje, "código genético" será la clave o conjunto de reglas que conceden a nuestra mente la posibilidad de entender de un modo a la vez elemental y científico—apelando, por tanto, a la estructura atómico-molecular de los genes—el mensaje que del progenitor al descendiente transmite la información genética, la serie de datos y órdenes en cuya virtud los cromosomas del gameto masculino y los del gameto femenino otorgan al nuevo ser la peculiaridad morfológica y funcional correspondiente a su especie y a su estirpe. El término "información" posee ahora, en consecuencia, su doble y total sentido: transmisión de una noticia o mensaje y producción de una forma nueva, que en este caso es a la vez estructural y dinámica, figurativa y operativa.

De nuevo, pues, vemos en la doble hélice de Watson y Crick, con la serie de los nucleótidos que integran la cadena helicoidal del DNA (nucleótido: la unidad bioquímica formada por el azúcar, el ácido fosfórico y las bases pirimídicas y pirimidínicas), la estructura básica para descifrar el mecanismo de la información genética. Teniendo en cuenta que el proceso de la herencia comporta una transmisión al descendiente del material genético de sus progenitores (la constancia en el tiempo del "plasma germinal" de que habló Weismann) y, a la vez, la formación o biosíntesis de los componentes orgánicos que dan al cuerpo de aquél su peculiaridad específica e individual (las proteínas, formadas en todo el mundo viviente por un máximo de veinte aminoácidos distintos), los conceptos fundamentales del proceso son: la "replicación" o formación de nuevas moléculas de DNA a partir de las ya existentes; la "transcripción" o formación de un RNA mensajero (eslabón necesario para la síntesis de las proteínas a partir de los aminoácidos) frente al modelo real del DNA génico; la "transferencia" o transporte intracelular de los aminoácidos por obra de un RNA transferente; la "traducción" del mensaje de que es portador el RNA mensajero a los aminoácidos acarreados por el RNA transferente, de modo que entre tales aminoácidos se establezcan las secuencias catenarias adecuadas a la proteína en cuestión; el "codón" o grupo ternario de los nucleótidos del RNA mensajero—convencionalmente representados por letras, tanto para lograr una notación más sencilla como para dar apariencia de "lenguaje" al contenido de la información genética: bcb—caa—acb, etc.—que codifican una molécula de aminoácido específicamente adecuada. Un copiosísimo grupo de célebres investigadores del mundo entero—entre ellos, S. Ochoa, premio Nobel en 1959—se halla intensamente consagrado a la maravillosa ta-

Detalle de una maqueta que reproduce la disposición de la molécula del ácido desoxirribonucleico, que tiene una intervención decisiva en los genes, unidades hereditarias o genéticas.



rea de descifrar el código genético, cuya universalidad en la biosfera es hoy generalmente admitida.

No contando la descripción pormenorizada de lo no poco que hoy se sabe acerca de los fenómenos biológicos antes nombrados —procesos químicos que en ellos acontecen, enzimas que en su determinación intervienen, etc.—, otros campos de la investigación y otros tantos problemas científicos habrían de ser mencionados para ofrecer, aunque en forma sobremañera sumaria, una idea completa de lo que hoy es la genética: participación de los componentes no nucleares de la célula en el mecanismo de la herencia (Lindgreen, Spiegelmann, Sonnenborn, L'Héritier), relación entre la genética y la embriología experimental (concepto de "organizador", de Spemann, zona embrionaria desde la cual se regula la creciente especificidad morfológica de las diversas partes del embrión, y ulterior demostración del carácter químico de las sustancias que en esa zona determinan su peculiar función reguladora), varios más. Pero acaso baste lo expuesto para mostrar con claridad la enorme riqueza, la gran finura y la extraordinaria fecundidad de esta rama de la biología.

3. A la vez que la genética actual iba constituyéndose —por tanto, desde Correns, Tschermak y De Vries dieron universal vigencia a las investigaciones de Mendel—, la certidumbre del *evolucionismo darwiniano* ha ido imponiéndose en todo el mundo culto. Pese a la inevitable existencia de reservas, distintos e interpretaciones personales, pocos son hoy los biólogos que no admiten, si no como un hecho científico incontrovertiblemente demostrado, si, al menos, como una hipótesis tan necesaria como sugestiva, la génesis evolutiva de las especies vivientes, comprendida entre ellas —para algunos, sólo en lo relativo al componente orgánico de su realidad; para otros, también en lo tocante a su vida mental— la especie humana.

Hasta ocho órdenes de razones abonan esa general certidumbre. He aquí las disciplinas científicas de que respectivamente proceden:

a) La anatomía y la fisiología comparadas. Sin la realidad de una transición sucesiva entre las especies —aunque dicha transición se establezca por saltos mínimos—, no podría darse una razón satisfactoria de las analogías y las homologías morfológico-funcionales existentes en la biosfera.

b) La ecología. La doctrina de la evolución es la que mejor explica la distribución de las especies sobre la superficie del planeta y la relación biológica de cada una con su respectivo hábitat.

c) La paleontología. Lo que hoy sabemos



Albert Szent-Györgyi, biólogo que ha estudiado uno de los más interesantes problemas actuales: la relación entre la "materia viva" y la "materia inerte".



Virus de la verruga vistos al microscopio electrónico y a 300.000 aumentos.

TEORIAS COSMOGONICAS DEL SIGLO XX

La Cosmogonía con carácter científico puede decirse que apareció en el siglo XVII con Kant y Laplace, si bien un siglo antes el filósofo francés Descartes ya había escrito sobre este tema. En su obra *Le Monde de M. Descartes*, aparecida en 1664, catorce años después de su muerte, imagina un sistema de torbellinos para explicar el origen de los planetas.

Las teorías del alemán Kant y del francés Laplace merecen recordarse por presentar las características de verdaderas hipótesis científicas. Mientras Kant, en su obra *Historia Natural Universal y Teoría del Cielo*, parte de una nebulosa gaseosa en cuyo seno, por mutuas atracciones gravitatorias y químicas, se formaron planetas y satélites, Laplace en la suya, titulada *Exposición del Sistema del Mundo*, supone una fase más adelantada, pues la nebulosa ya tiene forma lenticular, es caliente y gira lentamente; sus gases se enfrían y concentran, y la fuerza atractiva del núcleo hace que las partículas del ecuador se vayan acercando al centro, y cuando la fuerza centrífuga equilibra a la gravitatoria, se rompe la cohesión y se desprende un anillo, que continúa girando por aquella misma fuerza. Así se desprenden más anillos, que giran tanto más aprisa cuanto más se contrae la nebulosa. En la parte más densa de cada anillo se forma un planeta. Maxwell en 1850 demostró matemáticamente que, en vez de formarse varios anillos, sólo se formaría uno, estable y compuesto de numerosos cuerpos. No explica por qué los cuatro grandes planetas capturaron el 98 % del momento angular (producto de la masa por la velocidad por la distancia al eje de rotación) del sistema solar. A pesar de ello, Poincaré la calificó de más verosímil y que da mayor razón de los hechos.

Jeans y Jeffreys, ya en el siglo XX, creen que una estrella en su carrera pasó muy cerca del Sol, tanto que su fuerza atractiva le arrancó un largo filamento de materia, más ancho en el medio que en los extremos, que dio origen a los planetas. La conservación del momento angular exige que el material planetario original iniciase su movimiento con el momento angular que tienen actualmente los planetas. De ser cierta esta hipótesis, el número de sistemas planetarios en el universo sería reducidísimo, pues la probabilidad para que dos estrellas se acercaran tanto como requieren estos autores es tan remota que en toda la Galaxia (Vía Láctea) sólo habría dos sistemas planetarios: el del Sol y el que debía formarse en torno a la estrella visitante. Pero Henry Norris Russell demostró por vía matemática que tal formación es imposible y sugirió una modificación. Ésta la desarrolló R. A. Lyttleton (1936), que supuso que el Sol era una estrella doble cuyos componentes distaban poco entre sí; al pasar la estrella visitante lo hizo tan cerca de la compañera que la

capturó, gracias a su fuerza gravitatoria, dejando tan sólo un filamento de gases girando en torno al Sol, base de los planetas. Russell cree que tuvo lugar un choque directo y la estrella satélite se fracturó en los actuales planetas. Lyman Spitzer, otro discípulo de Russell, en 1939 probó que el material arrancado del Sol u otra estrella no se condensaría en cuerpos sólidos, sino que quedaría formando una tenue nebulosa en expansión.

En 1930, Berlage presentó una teoría que supone el Sol ya existente lanzando iones (átomos cargados eléctricamente), que el campo magnético solar retendría formando una espiral, que más tarde se rompería en anillos que, a su vez, originarían los planetas. El sueco Alfvén, en 1942, opinaba que el Sol atravesó una nebulosa gaseosa, lo que dio lugar a cargas eléctricas aplicadas a los átomos del gas. Estos átomos cargados giraron en torno al Sol formando anillos, después condensados en planetas. Hoyle, en 1944, presentó una teoría catastrófica, según la cual una estrella cercana al Sol estalló y parte del material que expulsó formó un filamento que la atracción del Sol retuvo y que originó los planetas. Weizsäcker, en 1945, publicó su hipótesis, según la cual los planetas nacieron en una nebulosa aplanada girando en torno al Sol, que ocupaba su centro. Los gases de tal nebulosa provendrían, ya de una nube de materia cósmica, donde se formó el Sol, ya del efecto de marea producido por una estrella que se le había acercado. Sólo los gases pesados se conservaron y sus átomos giraron en torno al Sol en órbitas circulares o elípticas, en forma de torbellinos, cinco en cada anillo concéntrico al Sol, los radios de los círculos de separación de los anillos serían proporcionales a las potencias sucesivas en un número cercano a 2, de conformidad con la ley de Bode. Los planetas surgirían en los límites de los grupos de torbellinos de un anillo con el del contiguo, donde se acumulaba la materia. La nebulosa primitiva debió de contener el 99 % de hidrógeno y helio y el resto de materiales pesados, como es la composición de las estrellas. Los planetas mayores deben su mayor masa al más rápido crecimiento de las partículas grandes y a su aptitud de retener hidrógeno y helio.

Hasta aquí se ha tratado de la formación del sistema planetario. Las teorías presentadas para dar cuenta del nacimiento y evolución de las galaxias y de sus componentes, las estrellas, son menos numerosas. El canónigo belga Lemaitre, en 1946, presentó la suya llamada *del átomo primitivo*, ampliada después por Gamow. Toda la materia del universo estaba incluida en dicho átomo en forma de radiación. Su diámetro media 1000 millones de km, su densidad era de 100 millones de toneladas por cm^3 y la tempe-

ratura de 100 billones (10^{14}) de grados. Estos datos se deducen de la expansión del universo considerando las velocidades de fuga de las galaxias. A los 5 minutos de iniciada la explosión, la temperatura había descendido a 1000 millones de grados y los fotones (radiación) predominaban sobre los protones, neutrones y electrones (materia), acabados de surgir de la combinación de aquéllos. A los 30 minutos, la materia ya preponderaba sobre la radiación; aquella estaba formada por núcleos de deuterio y de helio. Al cabo de una hora la temperatura ya había descendido a 250 millones de grados y a las 24 horas ya era de 40 millones. Mientras tanto, las dimensiones del átomo eran muchísimo mayores. A los 200.000 años de iniciada la expansión, la temperatura del material del universo era de 6000°C y a los 250 millones de años era de 100°C bajo cero, iniciándose la fragmentación de la ingente esfera de gases en otras esferas, también enormes, que son las *protogalaxias*. Éstas, a su vez, se fragmentaron en galaxias y éstas en *protoestrellas* y estrellas con planetas, satélites, etc., cuando había 1000 millones de años de iniciada la explosión. En la actualidad, a unos 10.000 millones de años del principio, la temperatura media del universo es de 3°K (-270°C) y su densidad alcanza 10^{30} g/cm^3 .

La teoría de Hoyle, Gold y Bondi supone el universo en estado estacionario. A medida que las galaxias se expansionan, la densidad de la materia disminuye y para evitarlo se forma nueva materia. Se ha calculado que para equilibrar estas dos fuerzas basta que se forme un átomo de hidrógeno cada hora en cada 4 km^3 del espacio. La mayoría de los astrónomos rechazan esta hipótesis, pues falta una precisa determinación de la velocidad de expansión a grandes distancias, 4.000 millones de años-luz o más, y la relación entre distancias y velocidad de fuga de las galaxias.

Veamos ahora las transformaciones que sufren las protoestrellas para llegar a estrellas y su evolución hasta su muerte. Las estrellas nacen en nebulosas de gas y polvo, resultante de la fragmentación de las esferas de gases de que se trató antes. La densidad de tales cuerpos es de unos 600 átomos por cm^3 ; la que existe entre uno y otro es de uno por cada 15 cm^3 . Cada esfera mide de 30 a 40 años-luz ($1 \text{ año-luz} = 9,4607 \text{ billones de km}$). La masa de tal esfera es 1000 veces superior a la del Sol. El poco calor que conserva (-200°C) puede motivar la formación de núcleos de condensación.

La atracción gravitacional de los mismos tiende a contrarrestar la expansión de los gases, debida a su energía interna. Intervienen aquí campos magnéticos e ionización de los gases. Cuando la condensación adquiere una cuantía crítica, la es-

fera se fragmenta por hacerse inestable, amén de convertirse en elipse. Cada fragmento se condensa bajo su propia fuerza gravitatoria y este proceso se repite hasta que la masa del fragmento sea parecida a la de una estrella. Así se llega a una protoestrella y cesa la fragmentación.

La estrella recién formada es lo que Bok denomina *glóbulo galáctico*, que se ven en nebulosas gaseosas y en la Vía Láctea. En estas masas esféricas, el gas tiende a caer al centro por la fuerza gravitatoria de éste y con ello su aumento de temperatura, suficiente para desencadenar reacciones nucleares, fuente de la energía (luz, calor, ondas de radio, etc.) que emiten las estrellas. El diámetro de la protoestrella, de 100 unidades astronómicas (U.A.—distancia Sol-Tierra) desciende, al acabar el colapso, a $\frac{1}{4}$ U.A. (menos que el radio de la órbita de Mercurio). El tiempo empleado en esta fase es de pocos centenares de años. Según la masa, la estrella es una enana roja o una gigante azul, con todos los tipos intermedios. Nuestro Sol es una subenana amarilla. Mientras la enana roja gasta su materia, en forma de energía, muy parcamente, lo que le da muchos milenios de vida, la gigante azul lo hace derrochando energía de tal forma que su vida sólo será de 50 millones de años. Nuestro Sol permanece en esta fase 10.000 millones de años. Durante estos tiempos, el hidrógeno del astro se consume, dejando como

ceniza helio. Éste es opaco para la energía, con lo que la temperatura central aumenta y el hidrógeno de las capas externas no se consume, sólo produce energía por convección, produciéndose una expansión del hidrógeno externo que rodea el núcleo de helio.

Resultado de ello es que la estrella se expandiera aumentando de tamaño, que trae por consecuencia enrojecerse por disminuir su temperatura superficial. La estrella se transforma en una *gigante roja*, que puede llegar a *supergigante* si su masa es suficiente. En esta fase, la energía se produce por combustión del helio, la ceniza del primitivo hidrógeno. Una estrella de masa similar a la del Sol, gracias a su enorme volumen, luce hasta 100 veces más que ésta. Esta fase dura 5.000 millones de años. Terminada ella, la estrella pierde volumen y aumenta su temperatura, haciéndose sucesivamente anaranjada, amarilla, blanca y azulada. A veces durante estos períodos varía de luminosidad (variables de largo período, rojas; cefeidas, amarillentas o blancas).

Terminada su fase azul, las estrellas se hacen *enanas blancas*. Una enana blanca tiene la masa inferior a 1,2 de la masa solar, con un tamaño parecido al de la Tierra. La densidad de su materia es de decenas de kilogramos a centenares de toneladas por cm^3 . Si la masa de la estrella está comprendida entre 1,2 y 2 de la solar, ocurre un hundimiento que la mezcla de núcleos y electrones, propia de

las enanas blancas, se altera, formando neutrones y resultando una *estrella de neutrones* o *pulsar*, que con pocas decenas de kilómetros de diámetro incluyen aquella masa. Luego, su densidad va de 10.000 a 1000 millones de toneladas por cm^3 . Los neutrones se comportan como un líquido. Si la masa de la estrella es superior a dos veces la del Sol, el hundimiento gravitacional es tal que el líquido protónico o neutrónico no lo resiste. Se ha producido una implosión acelerada, resultando que aquella masa se concentra en un astro del tamaño de una montaña. Su densidad es fabulosa, con un campo gravitatorio tal que impide salir su luz, por ser reabsorbida. Como no es visible se le denomina *cavidad negra* o *colapsar*; sólo emiten rayos X o gamma.

Los campos magnéticos de estos astros aumenta por seguidos en sus hundimientos: pasa de un millón de gauss en las enanas blancas, al billón en las estrellas de neutrones y a una cantidad fabulosa en los colapsares. Un 3 % de las estrellas son enanas blancas; de estrellas de neutrones o pulsares hay catalogadas una cincuenta; se cree que una compañera invisible de la *doble épsilon* del Cocheiro es un colapsar. Las rotaciones de estos astros son cada vez más rápidas, pues conservan el momento angular del astro original. La de los pulsares es del orden de una fracción de segundo.

A. P. B.

acerca de las especies desaparecidas y fósiles —mucho más, desde luego, que en tiempo de Darwin y sus inmediatos objetantes—, sólo desde el punto de vista de la evolución puede explicarse razonablemente. “El mejor argumento en favor de la evolución hallase en la distribución de los seres vivientes en el espacio y en el tiempo”, ha escrito el P. Teilhard de Chardin, cuya síntesis entre el evolucionismo y el cristianismo tanta y tan universal boga ha alcanzado durante los últimos decenios.

d) La taxonomía. El examen atento y reflexivo de la realidad subyacente a nuestros grupos taxonómicos —clases, órdenes, familias, géneros, especies, variedades— induce fuertemente a la interpretación evolucionista de sus diferencias y de su origen.

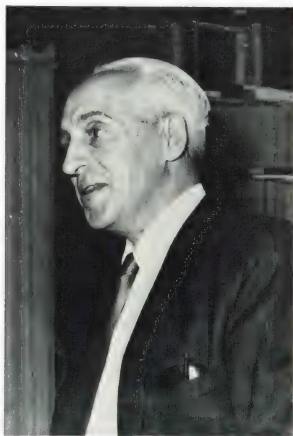
e) La genética. El estudio más o menos conjetural de la macroevolución o evolución de las especies, única a la cual se refirió Darwin, ha podido ser conceptual y experimentalmente abordado desde el punto de vista de la microevolución o evolución de los sistemas genéticos. Han dado la clave para ello el análisis de las mutaciones llamadas espon-

táneas (más bien que “espontáneas”, reactivas a determinadas modificaciones del medio no provocadas por el hombre) y la producción experimental de mutaciones artificiales o inducidas, bien por la acción de los rayos X, bien por obra del calor o determinadas sustancias químicas (Dobzhansky, Timoféeff-Ressowsky, Auerbach, Oehlkers, Rappoport). Aun cuando las mutaciones provocadas en el laboratorio sean casi siempre nocivas o letales, y aunque su ámbito no haya rebasado hasta ahora los límites de la especie, no parece dudoso su papel en la realidad del proceso filogenético: la modificación de la estructura génica a impulsos de una acción ambiental eficaz, conduciría a la aparición de formas biológicas nuevas, unas resistentes y favorables —las subsistentes a la “selección natural” darwiniana—, y otras incapaces de soportar las ulteriores condiciones del medio ambiente. Sólo los “monstruos promisores” de que habló Goldschmidt, las formas realmente capaces de futuro, podrían convertirse en verdaderas especies.

f) La embriología. La investigación embriológica de los últimos decenios ha permi-



Gregor Mendel, creador de la genética moderna.



Severo Ochoa, uno de los investigadores consagrados al intento de descifrar el código genético.

tido, en efecto, dar una interpretación más satisfactoria y compleja a la "ley biogénica fundamental" de Fritz Müller y Haeckel. Morgan, Garstang y G. R. de Beer han propuesto sustituir el concepto de "recapitulación" por el más accesible y modesto de "repetición": el embrión de cada especie repite en cierta medida, y sólo en ella, el desarrollo embriológico de las especies antepasadas. Por ejemplo: las branquias de los embriones de mamíferos no repiten las branquias del pez adulto, sino las de los embriones de los peces. Tal concepción puede ser explicada en términos genéticos, y éstos, a su vez, permiten explicar las excepciones que la realidad "comete" frente a la célebre "recapitulación" de Fritz Müller y Haeckel.

g) La serología. El estudio de las afinidades y las diferencias inmunológicas de los sueros, así como los fenómenos de "mutación serológica" (Guyer, Wintrebert), hacen asimismo plausible la teoría de la evolución.

h) La biogénesis experimental. Los incipientes estudios acerca de la obtención artificial de materia viva (Oparin, Oró) y las conjeturas sobre el origen de la vida en el planeta que sobre ellos han sido establecidas suponen la elevación del principio de la selección natural a ley general de la naturaleza cósmica.

El progreso —con todos sus meandros y todas sus dramáticas quiebras— en la historia de la Humanidad y la evolución —con todas las excepciones parciales y todos los matices que se quiera— en la sucesiva configuración de la materia cósmica son para el hombre actual las grandes reglas para entender lo que en la realidad acontece por obra del tiempo.

III. Todas estas colosales novedades científicas se hallan envueltas por las que desde Herschel y Laplace han aparecido en "la astronomía y la astrofísica"; esto es, en las disciplinas que no estudian una determinada parcela de la realidad visible, sino la totalidad misma del cosmos.

La *Mécanique céleste* de Laplace pareció dejar virtualmente concluida la teoría del sistema solar; tanto, que en la predicción de la existencia de un planeta nuevo por Le Verrier y Adams —el que hoy llamamos Neptuno— y en su pronto hallazgo por Galle (1846), ningún astrónomo creyó ver otra cosa que una confirmación empírica de aquella imponente construcción doctrinal. Pero los "universos-islas" que ha descubierto Herschel y cuya distancia a la Tierra comenzó a medir Bessel (1838), ¿son no más que ingentes conjuntos de soles y nebulosas en trance de convertirse en sistemas solares semejantes al nuestro, según el mecanismo de la nebulosa giratoria que Kant y el propio Laplace habían imaginado?

El desarrollo de la astrofísica, rápido desde que Kirchhoff y Bunsen acertaron a emplear el análisis espectral para el estudio de la composición química del sol y las estrellas y, mediante la aplicación del efecto Doppler-Fizeau —disminución aparente de la longitud de onda de una radiación cuando se aleja del observador; el silbido del tren que va haciéndose más y más grave desde que el tren ha pasado por delante de nosotros—, comenzó a medirse la velocidad de los cuerpos celestes, bien pronto iba a cambiar el aspecto y el contenido de la ciencia del cosmos. Los telescopios alcanzaron una extraordinaria perfección, hasta llegar a los gigantes de Monte Palomar; junto a ellos aparecieron en los observatorios espectroscopios, espectrógrafos y aparatos, como el bolómetro de Langley, sensibles a cambios de temperatura apenas superiores a la millonésima del grado centígrado, y así la vieja “mecánica celeste” se convirtió en una “física del universo”, capaz de llevar a cabo los más desconcertantes descubrimientos y de plantearse los más nuevos y sorprendentes problemas, comprendido entre ellos el del origen y la evolución del cosmos en su conjunto.

En el orden de los descubrimientos, y una vez que nuestra Vía Láctea fue concebida como una galaxia más, he aquí los más importantes: el sucesivo descubrimiento de estrellas y galaxias no conocidas —en una cantidad del orden de los mil millones se calcula hoy su número—, radiaciones cósmicas, gases y polvo interestelares y cuerpos celestes cuasi-estelares y cuasi-galácticos (QSS y QSG, quasars, *quasi-stellar galaxies*), de constitución todavía problemática; la determinación de la velocidad radial de las estrellas y de sus propiedades cinemáticas (Vogel); la composición elemental de las estrellas y la existencia de regularidades en la distribución de los elementos químicos (Russell); la distancia a que se extienden los confines del universo observable, actualmente cifrada en cinco o seis mil millones de años-luz; la evolución energético-material de la sustancia cósmica, que en su distribución y en su termodinámica va pasando irreversiblemente a estados de orden creciente, y en su configuración va sucesivamente siendo masa gaseosa galáctica irregular, espiral y elíptica, a la vez que por condensación, y en virtud de procesos nucleares y convectivos, va dando lugar a estrellas, que se hacen gigantes, pasan o no pasan por un estado de pulsación, y por contracción o por explosión —estrellas nova y supernova— terminan como estrellas enanas blancas.

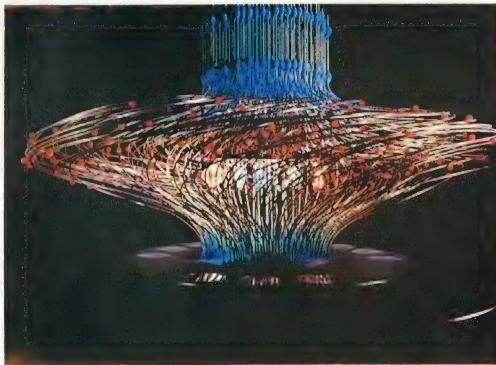
A todos estos hechos nuevos, y como una consecuencia astrofísica de la teoría de la relatividad, G. Lemaître —con él, poco después, Eddington— añadió la sorprendente teoría de



“Drosophila melanogaster”, mosca de rapidísima reproducción en la que T. H. Morgan estudió las leyes mendelianas.

la expansión del universo, casi generalmente admitida desde que los astrónomos americanos Slipher y Hubble —sobre todo, éste— descubrieron que las rayas espectrales de muchas nebulosas espirales se desplazan hacia el rojo, fenómeno que interpretado a la luz del efecto Doppler-Fizeau pondría en evidencia el progresivo alejamiento de aquellas y que, por otra parte, ha llevado a ver el estado inicial del cosmos como una inmensa concentración, enormemente inestable, de energía y partículas elementales. Con lo cual la astrofísica pone a la mente humana ante dos cuestiones de carácter ya trasfísico y trasfísico; trascendente, en el habitual sentido filosófico del término: 1.º El origen de la realidad física del universo, ¿podría entenderse sin la existencia de una realidad tras-

Maqueta de la estructura teórica de un gen a gran escala.





El padre Teilhard de Chardin, creador de una interesante síntesis entre el evolucionismo y el cristianismo.

física, fontanal y capaz de “reposar en sí misma”, una fundamental y fundamentante *realitas mundificans*, como ha propuesto llamarla Xavier Zubiri? El propio Zubiri ha mostrado que sólo una respuesta negativa a esta grave interrogación puede ser física y filosóficamente aceptable; y esto, tanto en el caso de admitir, como casi todos hacen, la teoría de la expansión cósmica de Lemaitre-Eddington, como en el de suponer, siguiendo a Hoyle-Jordan, que tal expansión no consiste sino en una constante aparición o sobreación de materia nueva a la que en cada momento existe en el cosmos. 2.^a Si el proceso evolutivo del universo es irreversible, ¿cuál podrá ser el destino final de la materia y la radiación de tantos miles de millones de galaxias y estrellas?

IV. Desde mediados del siglo XIX –por tanto, desde que se extingue la vida científica de Johannes Müller y comienza la de Claudio Bernard– “el saber médico” va a ser resueltamente ciencia natural aplicada. “O la medicina es ciencia natural, o no será nada”, dirá por entonces Von Helmholtz. Los métodos, los conceptos centrales y los princi-

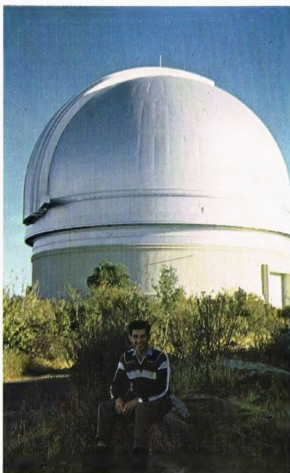
pios gnoseológicos de las ciencias naturales, física, química o biología experimental, rigen por doquiera la obtención y la constitución de ese saber, sea su orientación mental la anatomoclínica (primacía de la lesión anatómica en el empeño de conocer científicamente la enfermedad), fisiopatológica (atención exclusiva o dominante al desorden en el proceso energético-material de la afección morbosa) o etiopatológica (consideración preferente de las causas externas –microbios, venenos, agentes físicos– del enfermar humano).

Los progresos así obtenidos, tanto en lo tocante al diagnóstico (rayos X, tensión arterial, exámenes de laboratorio, curvas eléctricas, endoscopias) como en lo relativo al tratamiento (sueros y vacunas, fármacos nuevos, vitaminas, hormonas, antibióticos, cirugía cardíaca, neurocirugía), han sido, sin la menor hipérbolo, enormes. Pero no entenderíamos de manera cabal la medicina del siglo XX, y menos la que ha cobrado realidad a partir de la primera Guerra Mundial (1914-1918), si no viésemos en ella, a manera de nervios rectores, cuatro rasgos principales: su extrema tecnificación instrumental y una peculiar actitud del médico ante ella; la creciente e irreversible colectivización de la asistencia médica; la personalización del enfermo en cuanto tal; un auge extraordinario en la prevención de la enfermedad y en la promoción de la salud.

1. La medicina comienza a tecnificarse instrumentalmente desde que a comienzos del siglo XVII aparecen los pulsilogios y los termoscopios de Santorio y Galileo. No será necesario consignar cuál ha sido, cualitativa y cuantitativamente, el avance de la técnica médica instrumental entre 1850 y 1950. Pero sí lo es recordar que –por la vía de la imaginación utópica a comienzos de nuestro siglo, ya en el orden de los hechos con la penetración de los aparatos automáticos y los computadores en la práctica de la medicina– desde hace algunos decenios ha surgido en no pocas mentes la idea de convertir en pura técnica instrumental, al menos en cuanto al diagnóstico, la relación entre el médico y el enfermo. Así concebido, aquél no pasaría de ser un técnico en el manejo y la lectura de los aparatos diagnosticadores. Cabe pensar, es cierto, que el carácter “humano” de las enfermedades que el médico atiende y la frecuente imposibilidad de reducir a una simple etiqueta diagnóstica el conocimiento científico de la afección morbosa –tal es el caso en los tan numerosos enfermos que los norteamericanos llaman *problem-patients*, “pacientes-problema”– harán, en definitiva, ver que tal automatización es una simplificación excesiva e inconveniente del juicio médico; pero

en parte como hecho y en parte como ilusión, ahí está, entre los ingredientes más centrales de la medicina actual.

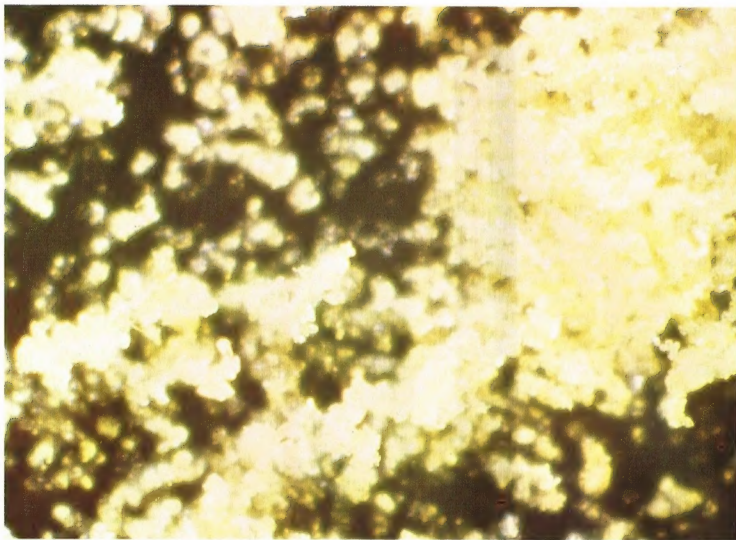
2. La distinción entre una "medicina para ricos" y una "medicina para pobres", más aún, la consideración de esa diferencia como una invencible exigencia del orden social, ha sido una nota constante en la medicina occidental, desde la Atenas de Platón hasta la segunda mitad del siglo XIX. Ahora bien, toda una serie de motivos —creciente exigencia de las masas proletarias desde que la revolución industrial las engendra, y con ellas el pauperismo; aparición de una medicina a la vez aficaz y cara; lamentable condición de la asistencia al enfermo pobre en los hospitales llamados "de beneficencia"; paulatino auge universal de la llamada "conciencia social"; conveniencia de contar en la industria con una mano de obra sana— ha hecho intolerable la mencionada distinción y ha ido imponiendo en casi todos los países cultos una más o menos acusada colectivización de la asistencia médica. Gérmenes de ella fueron las *Krankenkassen* ("Cajas de enfermedad") en la Alemania de Bismarck, las *friendly societies* ("Sociedades de socorros mutuos") de la



Observatorio de Monte Palomar, en Estados Unidos, que cuenta con un instrumental de observación extraordinario y ha contribuido en gran medida a los conocimientos actuales relativos a astronomía.

Aspecto parcial del espacio astronómico visto desde la Tierra. Los avances del siglo XX en este terreno han sido fabulosos, con el planteamiento de problemas en cuya solución han aparecido nuevos interrogantes.





Clorhidrato de tetraciclina visto al microscopio. Los progresos de la medicina en lo que va de siglo han sido muy grandes, y no poca parte ha tenido en ellos el descubrimiento de los antibióticos.

Inglaterra victoriana y el sistema *zemstvo* (asistencia agraria colectivizada tras el decreto de liberación de los siervos) en la Rusia zarista; y formas actuales cuyas son todos los "Seguros de Enfermedad" hoy vigentes: total socialización del ejercicio médico en los estados marxistas *National Health Service* en el Reino Unido, S.O.E. en España, *Medicare* y *Medicaid* en los Estados Unidos, etc.

3. El rasgo tercero característico de la medicina contemporánea es la exigencia teórica y práctica de considerar al enfermo como persona, en tanto que tal enfermo, no sólo, en consecuencia, como un "objeto" estudiado y tratado conforme a los principios y las reglas de la ciencia natural. Es el suceso que técnicamente ha sido llamado "introducción del sujeto" en medicina. El notable incremento cuantitativo de las afecciones neuróticas y la creciente atención del médico a los aspectos psíquicos del enfermar, en el orden de la realidad clínica, y la progresiva difusión del psicoanálisis y doctrinas psicológicas afines, en el orden del pensamiento, han confluído entre sí para que tal suceso se haya producido. La llamada "medicina psicosomática" —a la cual habría que denominar, más correctamente, "orientación psicósomá-

tica de la medicina"— es la expresión más notoria de este importante motivo de la medicina actual.

4. A fines del siglo XVIII, con la vacunación antivariólica jennariana, comenzó la época científica de la prevención de la enfermedad. La inmunología ulterior a la tan decisiva obra de Pasteur —sueros y vacunas contra la rabia, difteria, la fiebre tifoidea, la tuberculosis, la poliomiелitis, etc.— ha incrementado de manera extraordinaria la eficacia preventiva del médico; tanto, que en no pocas almas actuales ha hecho surgir la esperanza, tal vez utópica, de una humanidad exenta de enfermedades. Pero no sólo esa altísima esperanza es un rasgo propio de la actual situación de la técnica médica; también, y acaso de manera todavía más espectacular, la creciente convicción de que esa técnica va siendo capaz —mediante intervenciones en el material genético, fármacos oportunos, dieta adecuada, etc.— de mejorar la condición de la naturaleza humana. Un reverso —el temor a las consecuencias de la polución del medio— y un anverso —esa confianza en la planeada consecución de una suerte de superhombre— se aúnan en la actual consideración de los efectos y las posibilidades de la técnica.

**Edificio de Maternidad en la Ciudad
Residencial Francisco Franco, del Seguro
Obligatorio de Enfermedad, en Barcelona.**

*La colectivización de la asistencia
médica en el mundo es un fenómeno
muy interesante de nuestra época.*

5. La actual medicina, en suma, se halla sometida a las tensiones internas que determina la coexistencia de los cuatro mencionados rasgos principales; pero a pesar de esas tensiones, más aún, a través de ellas, su enorme potencia y su espléndida capacidad de progreso constituyen uno de los más alentadores motivos de nuestro mundo.

V. He aquí un sunario, pero tal vez orientador, panorama de la ciencia contemporánea. Contemplándolo, se comprende que, en lo tocante al conocimiento y al gobierno técnico del cosmos, la noción de "imposible" haya desaparecido de no pocas mentes actuales. Valga este único ejemplo: ¿acaso en los Estados Unidos no hay ya varias docenas de cuerpos humanos congelados, esperando que pronto sea posible una curación terapéutica de la dolencia por ellos latentemente padecida y técnicamente incurable cuando, por decisión de sus titulares, fueron sometidos a tal congelación?

Mas no acabaría de entenderse lo que la ciencia es para el hombre actual sin advertir el cambio que en su estimación se ha producido desde hace un siglo. Hacia 1870, la ciencia tenía una significación "sacral", y el que la cultivaba eminentemente solía considerarse a sí mismo como un "sabio-sacerdote". Hoy, en cambio, a pesar de ser infinitamente más poderosa que entonces, la ciencia se ha desacralizado, y frente al tipo del "sabio-sacerdote" ha surgido el del "sabio-deportista"; entendiendo por actitud "deportiva" la del hombre que es capaz de consagrar su vida, incluso con el riesgo de perderla, a actividades que para él poseen un valor no más que penúltimo. De ahí que el hombre de ciencia, y a través de la ciencia que el recibe quien no lo es, busquen con inquietud un fundamento trascendético de su existencia, vivan con sorda desesperación el hecho de no haberlo encontrado, reposen creyentemente en él, si lo hallaron—tal es el caso de los teístas y los marxistas—, o sin el menor drama íntimo, con una blanda resignación agnóstica, levanten ante él sus hombros.

Bien: penúltima e insuficiente para la total existencia del hombre, la ciencia actual no deja de ser para él cosa necesaria y fascinante. Acaso el más necesario y el más fascinante de todos los motivos intramundanos que hoy dan consistencia a su vida.



BIBLIOGRAFIA

Abetti, G.	<i>Storia della astronomia</i> , Florencia, 1946.
Babini, J.	<i>Historia sucinta de la matemática</i> , Buenos Aires, 1952.
Bavink, B.	<i>Ergebnisse und Probleme der Naturwissenschaft</i> , Zurich, 1949.
Bell, E. T.	<i>The development of mathematics</i> , Nueva York, 1945 (traducción castellana, México, 1949).
Berry, A. J.	<i>From Classical to Modern Chemistry</i> , Cambridge, 1954.
Bodenheimer, T. S.	<i>History of Biology</i> , Londres, 1958.
Lain Entralgo, P. (director)	<i>Historia Universal de la Medicina</i> (7 vols.), Barcelona, 1972-1973.
Lange, H.	<i>Geschichte der Grundlagen der Physik</i> , Munich, 1954-1961.
Laue, Max von	<i>Geschichte der Physik</i> , Bonn, 1950.
Lockemann, G.	<i>Geschichte der Chemie</i> , Berlín, 1950-1955.
Mason, S. F.	<i>A History of the Science</i> , Londres, 1953.
Nordenskiöld	<i>Die Geschichte der Biologie</i> , Jena, 1926 (trad. cast., Buenos Aires, 1949).
Papp, D.	<i>Historia de la física desde Galileo</i> , Buenos Aires, 1945.
Radl, P.	<i>Historia de las teorías biológicas</i> , Madrid, 1931.
Rousseau, P.	<i>Histoire de la Science</i> , París, 1945.
Taton, R. (director)	<i>Histoire générale des sciences</i> (3 vols.), París, 1957-1959.
Walden, P.	<i>Geschichte der Chemie</i> , Bonn, 1950.
Zimmer, E.	<i>Astronomie. Geschichte ihrer Probleme</i> , Friburgo-Munich, 1951.
Zimmermann, W.	<i>Evolution. Die Geschichte ihrer Probleme</i> , Munich, 1953.



Armadura de la cámara de presión del generador electrostático de Van de Graaff del acelerador de partículas atómicas del Kingdom Atomic Energy Laboratory de Aldermaston (Gran Bretaña).